

マイクロロボットを用いた情報教育用教材の開発

河原林友美* 丸山 晃生* 吉田 康浩

Development of Computer Educational Materials with Micro Robots

Tomomi KAWARABAYASHI-KUBO, Akio MARUYAMA and Yasuhiro YOSHIDA

The purpose of our study is to develop computer educational materials for elementary or junior high-school students and to let them have interests in a computer and programming. They are able to learn the basics of computer and programming for micro robots football. A GUI for block type programming was developed so that the students can program easily. Experiments are done for 14 junior high students. Questionnaire result shows that 13 students of them had interests in the programming or the robots.

Keywords : beginner of programming, computer education, RoboCup and Micro robot

1. はじめに

現代の社会では、パソコンや携帯電話などの情報通信機器にとどまらず、車や炊飯器などでもプログラムによる制御が行われている。このようにほとんどの電気機器がプログラムによって制御されていると言っても過言ではない。また、平成 19 年度の総務省が発表した高度 ICT 人材育成に関する現状と課題¹⁾において、今日の我が国では情報通信技術人材が約 50 万人不足していると報告されている。

一方、福井県で使われている中学校の技術家庭の教科書²⁾³⁾では、パソコン操作や簡単なプログラミングの考え方なども掲載されており、中学生も情報分野の基礎を学習する。さらに、マイクロロボットを用いたプログラミング実習授業⁴⁾や、ブロックを組み合わせることで簡単にプログラムが組めるブロック型言語を使ってプログラミングを行える LEGO のマインドストーム⁵⁾など、情報分野の教材の研究や開発も盛んに行われている。

そこで本研究では、中学生に情報分野に興味を持ってもらい、その分野の知識を身につけられるような教育用教材の開発を目指した。まず、簡単なプログラミング体験に

よって情報分野に興味を持ってもらうことを目的とした。そのために、ブロック型言語を使ってロボットのプログラムを作成できるプログラミング環境の開発を行った。条件、行動などのブロックを並べるだけでプログラムを簡単に作成できるため、ブロック型言語にした。開発にあたり、RoboCup Mixed Reality League⁶⁾⁷⁾ (以下、MR リーグ) で用いられる 3 cm 立方のマイクロロボットとそのサッカーシステムを用いた。このプログラミング環境を用いて、中学生に簡単なサッカープレイヤープログラムの作成をしてもらい、我々が開発したゴールキーパープログラムで動くロボットと対戦を行うものとした。このプログラミング環境を「サッカープレイヤー生成システム」と名付け、システム全体を「サッカーチャレンジシステム」と名付けた。また、プログラミング環境の有効性を確かめるために、デモ実験を行い、アンケートを行った。

2. プログラミング言語の基本的な学習項目

図 1 に教材が目指すプログラミング言語の基本的な学習項目 (C 言語を例とする) を示す。プログラミング言語

*電気電子工学科

の基本的な学習項目としてプログラミング言語とプログラミングの考え方がある。プログラミング言語の中には、関数、制御文、データ構造などがある。また、プログラミングの考え方を学ぶために、順番に命令を処理していく逐次処理、目的を達成するための必要な手順を記述したアルゴリズム、処理の流れを表すフローチャートなどがある。今回開発したプログラミング環境では、この中の条件分岐、繰り返しの考え方に触れてもらえるよう開発した。

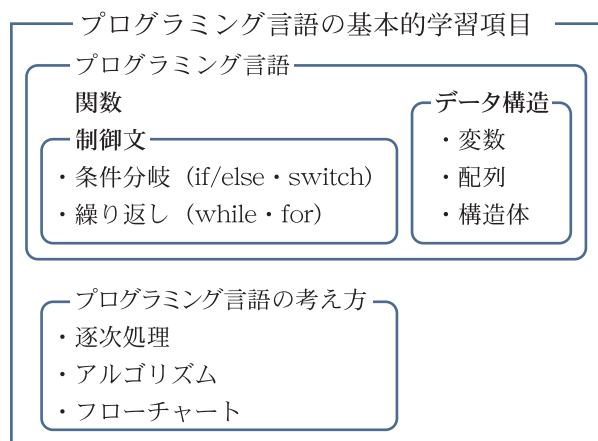


図1：プログラミング言語の基本的学習項目

3. 本研究で用いるマイクロロボット

本研究では大阪大学とシチズン時計株式会社が開発、製品化したマイクロロボット(図2)を用いる。このマイクロロボットは3cm立方で、直径2.5cmの車輪を左右1輪有しており、上部基盤にARMチップとAVRチップを搭載している。そのため、直接プログラムを書き込んで動かすことができ、赤外線での外部からの制御も可能である。

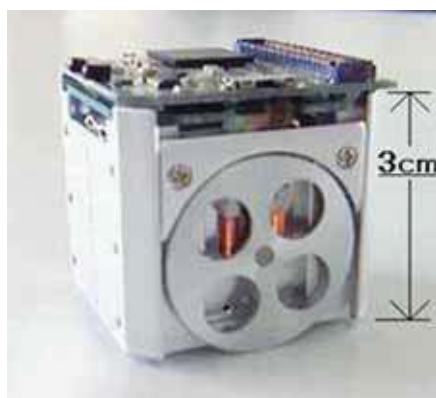


図2：マイクロロボット

4. サッカーチャレンジシステム

サッカーチャレンジシステムは、子供たちにプログラミング環境を用いてサッカープレイヤープログラムを作成してもらい、本研究で開発したゴールキーパープログラムと対戦を行うものである。このシステムは、サッカープレイヤープログラムを作成するためのプログラミング環境であるサッカープレイヤー生成システムと次に述べるマイクロロボットサッカーシステムで構成される。

4.1. マイクロロボットサッカーシステム

マイクロロボットサッカーシステムは、MRリーグで用いられているマイクロロボットを用いたサッカーシステムである。図3にマイクロロボットサッカーシステムの概略図、図4にシステムの実物、図5に試合画像を示す。システムは、ロボットの位置検出とボールのシミュレーションをするサーバPC、位置情報を基にロボットの動作を決定するクライアントPC、サッカーフィールド全体の画像を撮るカメラ、サッカーフィールドとして使用する寝かせたフラット型ディスプレイ、サッカープレイヤーとして使用するマイクロロボットから成る。また、実際のボールは使用しておらず、シミュレーションされたボールがディスプレイ上に画像表示されている。このシステムでは、マイクロロボットはロボットの脳にあたる部分と体にあたる部分が分かれているリモートブレインシステムとして動作する。



図3：マイクロロボットサッカーシステム概略図



図4：マイクロロボットサッカーシステム（実物）

図3に示した①～⑨はシステムの動作を表す。各動作は以下の通りである。

- ①サーバPCがボールをシミュレーションし、ディスプレイに画像（図5．黄点線）を表示。
- ②カメラがフィールド全体の画像を撮り、サーバPCに送信。
- ③サーバPCが画像を処理し、マイクロロボットの位置を検出。
- ④サーバPCが位置情報をクライアントPCに送信。
- ⑤位置情報を基にクライアントPCがマイクロロボットの行動を決定。
- ⑥マイクロロボットの行動を、キックコマンド、モータ制御コマンドに変換してサーバPCに送信。
- ⑦サーバPCがキックコマンドなどからボールの位置をシミュレートし、ディスプレイに画像を表示。

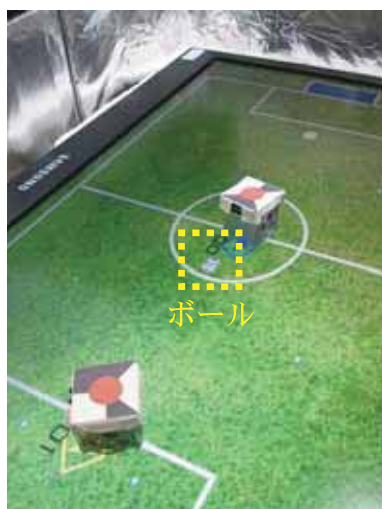


図5：試合画像

⑧サーバPCがモータ制御コマンドを赤外線送信機を通してマイクロロボットに送信。

⑨モータ制御コマンドに従いマイクロロボットが動作。

4.2. サッカープレイヤー生成システム

サッカープレイヤー生成システムは、ブロック型言語が使えるプログラミング環境となっている。これは中学生にも簡単にプログラミング体験を行ってもらうためである。

サッカープレイヤー生成システムは、フローチャートでプログラムを作るものとルールベースでプログラムを作るものの2種類がある。フローチャートでは、フローチャートの図的表現と、繰り返しや条件分岐の考え方に触れてもらい、ルールベースではルールをいくつか作成し、ルールを組み合わせでプログラムを作るという考え方に触れてもらう目的で開発を行った。開発言語はJavaFX⁸⁾を用いた。

a) フローチャート形式

図6にフローチャート形式の操作画面を示す。このフローチャート形式は、条件ブロックと行動ブロックをドラッグ&ドロップでフローチャート作成場に配置していく。ブロックを繋げることでフローチャートの形として1つのサッカープレイヤーの行動を作成する。

作成したフローチャートは、「Export to C++」ボタンを押すことでC++⁹⁾のプログラムソースコードが生成され、ファイルとして出力される。

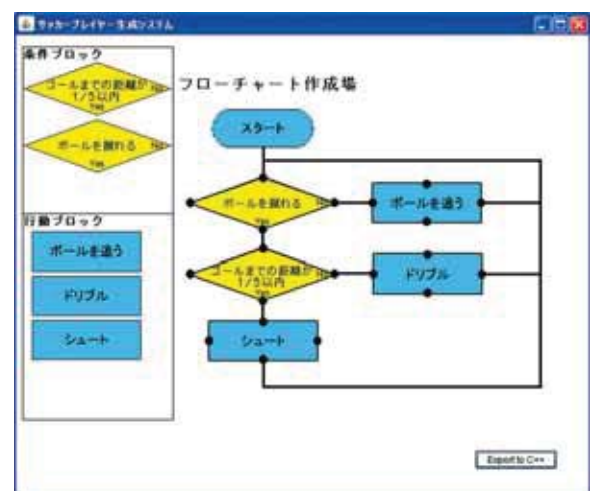


図6：フローチャート形式の操作画面

表1： ブロックとソースコードの対応表

ブロック	C++ プログラムソースコード
	if (ball_x > x_fifth) { (距離が長辺の 1/5 の場合) ball_x: ボールの X 座標. x_fifth: 敵ゴールまでフィールド 全体の 1/5 の X 座標.
	if (gPlayer.pv_can_kick()) { gPlayer: プレイヤーの行動を扱う クラスのインスタンス. pv_can_kick: ボールが蹴れる位置 にあるかどうかを判断する関数.
	gPlayer.pv_go_to (ball); pv_go_to: 引数に目標までの距離 と角度の構造体を与えることで そのポイントに向う関数. ball: 自分 (サッカープレイヤー) からボールまでの距離と角度を持 つ構造体.
	gPlayer.pv_dribble (goal_center); pv_dribble: 引数に目標までの距 離と角度の構造体を与えることで 目標に向ってドリブルを行う関数. goal_center: 敵ゴール中心まで の距離と角度を持つ構造体.
	gPlayer.pv_kick (op_goal_center, angle,1); pv_kick: 引数にキックする目標ま での角度と蹴る強さを与えるこ とでボールを目標に向って蹴る関数.

条件ブロックと行動ブロックのソースコードへの変換処理を表1に記す.

b) ルールベース形式

図7にルールベース形式の操作画面を示す. この形式では, 操作画面の左側に並んでいる「状況ブロック」と「行動ブロック」を右側の「行動パターン作成場」に並べて組み合わせることによって1つの行動ルールとする. 状況ブロックでは「ボールを蹴れるかどうか」と「ボールの位置」を指定する. 行動ブロックでは「ドリブル」「シュート」「ボールを追う」の行動を選択する. ルールの優先順位は上から順に高くなっており, この行動ルールを複数作ることによって, 一体のサッカープレイヤーの行動を作成する. 操作ボタン「Export to C++」を押すことにより, C++ ファイルに変換され保存される.

4.3. ゴールキーパープログラム

中学生にサッカープレイヤー生成システムで作成してもらったサッカープレイヤープログラムの対戦相手として, ゴールキーパープログラムを開発した. 対戦相手を用意することで, プログラム作成のモチベーションを上げる狙いがある.

表2に今回実装したゴールキーパーのアルゴリズムの行動ルールを示す. 行動ルールはif (状況) then (行動) で表す. また, ルールの優先度は表の上の方が高く下が低い.

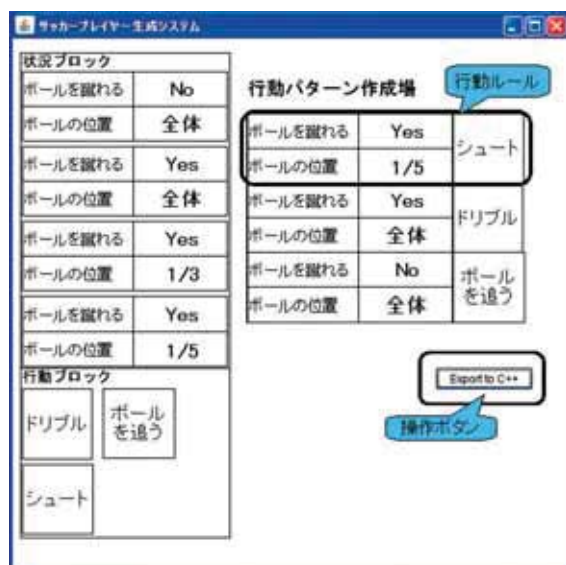


図7：ルールベース形式の操作画面

表2：実装したゴールキーパーの行動ルール

if (状況)	then (行動)
if (ボールを蹴れる)	then (近い味方サイドのコーナーにクリア)
if (ボールが近い)	then (ボールを取りに行く)
if (ポジショニングの位置にいない)	then (ポジショニング)

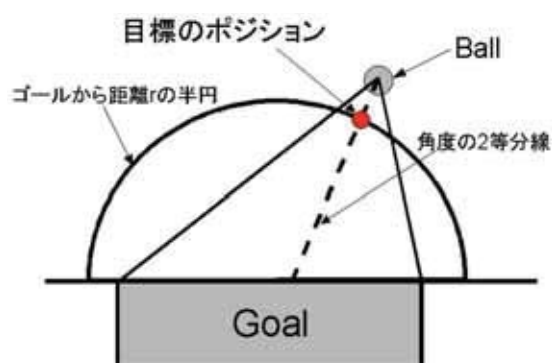


図8: ゴールキーパーポジション

表2の「if (ポジショニングの位置にいない) then (ポジショニング)」のポジショニングでは、ゴールを守ることがゴールキーパーの重要な役割と捉え、点を取られないようにするため、できるだけサッカープレイヤーのシュートコースを無くすポジションを取るようになっている。ボールは宙を飛ばない設定のため、具体的には図8に示すようにボールとゴールの両端のなす角の二等分線と、ゴールの中心からの距離 r の半円との交点を目標のポジションとしている。

5. デモ実験

プログラミング体験により情報分野に興味を持ってもらうという目的を、開発したサッカーチャレンジシステムが達成しているかを評価するため、デモ実験を実施した。デモ実験の実施状況を表3に示す。また、その時使用した機材を表4に示す。

表3: デモ実験実施状況

日 時	2011 年 5 月 7 日
場 所	福井高専
対 象	キャンパスウォークに来た中学生
人 数	14 人

表4: デモ実験使用機材

使 用 機 材	個 数
マイクロロボットサッカーシステム一式	1 セット
プログラミング環境用ノート PC	1 台
アンケート	30 枚

表5: アンケートの項目

①面白かったか
②またマイクロロボットでサッカーをやりたいか
③プログラムの事をもっと知りたいと思ったか
④ロボットの事をもっと知りたいと思ったか
⑤サッカープレイヤー生成システムは使いやすかったか
⑥自由記述欄

デモ実験は以下の手順で行った。

- 1: マイクロロボット, マイクロロボットサッカーシステム, サッカープレイヤー生成システム, フローチャートについて簡単に説明する。
- 2: サッカープレイヤーの動作例を示し, サッカープレイヤー生成システムで作成した際の例を説明する。
- 3: 作成するサッカープレイヤープログラム例を示す。
- 4: 中学生に実際にサッカープレイヤー生成システムを用いてプログラムを作成してもらい, ソースコードを生成する。
- 5: 担当者がソースコードを Unix 上でコンパイルし, 作成してもらった動作を確認する。
- 6: アンケートに答えてもらう。

デモ実験のアンケートの項目を表5に示す。今回のアンケートでは①～⑤を5段階評価で行い、⑥を自由記述欄とした。

アンケートの項目①～⑤に対する回答の集計結果を図9～13に示す。

①面白かったかの質問に対しては、図9のように14人中全員が肯定的な意見となった。また、図10の②またマイクロロボットでサッカーをやりたいか、図11の③プログラムの事をもっと知りたいと思ったか、図12の④ロボットの事をもっと知りたいと思ったか、のそれぞれの質問に対し、14人中13人が肯定的な意見となった。しかし、図13の⑤サッカープレイヤー生成システムが使いやすかったかの質問に対しては、14人中6人しか肯定的な意見を得られなかった。

これらの結果より、今回開発したプログラミング環境は、興味を持ってもらえる傾向はあると思われるが、プログラミング環境は改善すべきであると考えられる。

また、デモ実験の参加者は本校のオープンキャンパスの一つであるキャンパスウォークに来場した中学生であった。そのため、もともと興味を持った生徒が多かったとも考えられる。

また、以下のA～Fは表4の⑥自由記述欄に記載されていた内容である。

- A. 画面のレイアウトを考えるといい（キャラクター・カラーなど楽しそうな感じにする）。
- B. ブロックを繋げる矢印があった方が分かりやすい。
- C. ブロックの種類を足した方がいい。
- D. プログラムをサッカーにしたことが入りやすい。
- E. グラフィカルな言語はわかりやすい。
- F. 学校で習ったことを詳しくやったので良かった。

以上のアンケート結果をふまえ、今後の改良点として以下の2点を挙げる。

・生成システム画面について

上記のアンケート自由記述欄A、Bより、現在のサッカープレイヤー生成システムは、ブロックが文字による表示なので面白みが乏しいと考えられる。そこで、中学生に親しみを持って使ってもらうために、キャラクターなどによる実際の動きがわかりやすい画像を行動ブロックに用いる。また、フローチャートをよりわかりやすくするため、ブロックををつなぐ線を流れに合わせた矢印とする。

・動作確認について

サッカープレイヤー生成システムでサッカープレイヤープログラムを作った際に動作を確認する場合、一度クライアントPCにサッカープレイヤープログラムを移して動作を確認する必要がある。これは、細かく動作の確認をしたい場合などには、とても手間がかかり不便である。よって、サッカープレイヤー生成システムにプレイヤーシミュレーション機能を実装する。

開発を行った。最初の導入として、フローチャート形式とルールベース形式のブロック言語を用いたプログラミング環境としての開発を行った。

また、プログラミング環境の有効性を確かめるために、14人にデモ実験を行い、アンケートを行った。興味に関する3つの質問（図10・12・13）に対し、それぞれ13人に興味を持ってもらうことができた。

参 考 文 献

- 1) 総務省情報通信政策局情報通信利用促進課、高度ICT人材育成に関する現状と課題、
URL:http://www.soumu.go.jp/main_sosiki/joho_tsusin/policyreports/chousa/ict_ikusei/pdf/070919_2_si1-3.pdf
(2011年10月アクセス)
- 2) 加藤幸一・永野和男・他、新編新しい技術・家庭 技術分野、東京書籍（2011）
- 3) 間田泰弘・他、技術・家庭 技術分野、開隆堂出版（2011）
- 4) 山西輝也・杉原一臣・大熊一正、マイクロロボットを用いたプログラミング導入教育の試み、福井工業大学研究紀要第41号、pp.486-496（2011）
- 5) LEGO マインドストーム、
URL:<http://www.legoeducation.jp/Mindstorms/>,
(2015年10月アクセス)
- 6) RoboCup Mixed Reality League, URL:<http://www.mr-league.org> (2015年10月アクセス)
- 7) MR_Japan ホームページ,
URL:http://www-nomo.ist.osaka-u.ac.jp/MR_Japan/pukiwiki.php?MR_Japan_FrontPage
(2011年10月アクセス)
- 8) JavaFX,
<http://www.oracle.com/technetwork/java/javase/overview/index.html> (2015年10月アクセス)
- 9) 小出俊夫、入門C++プログラミング、秀和システム（2001）

6. まとめ

本研究では、中学生に情報分野に興味を持ってもらい、その分野の知識に触れられるような教育用教材としてマイクロロボットを用いたサッカーチャレンジシステムの

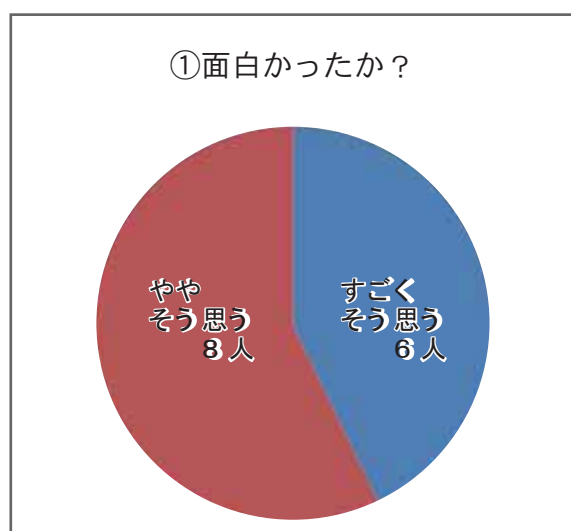


図 9：質問①アンケート結果

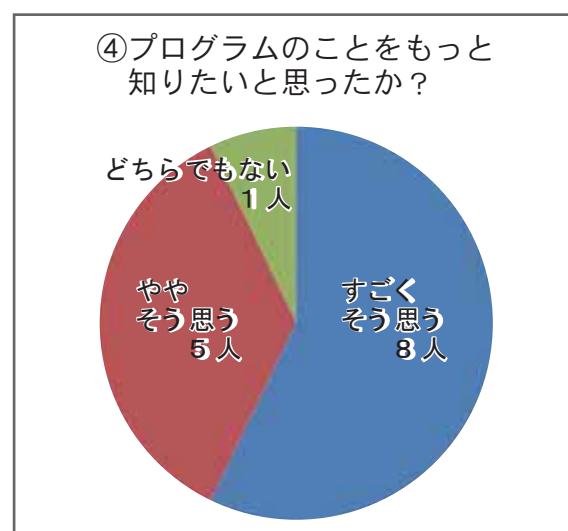


図 12：質問④アンケート結果

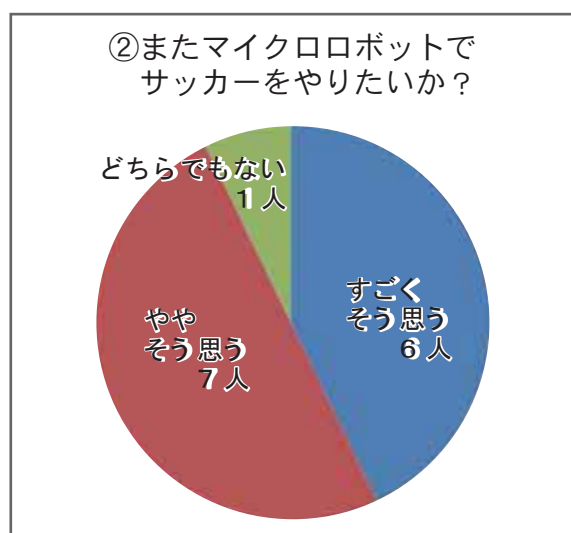


図 10：質問②アンケート結果

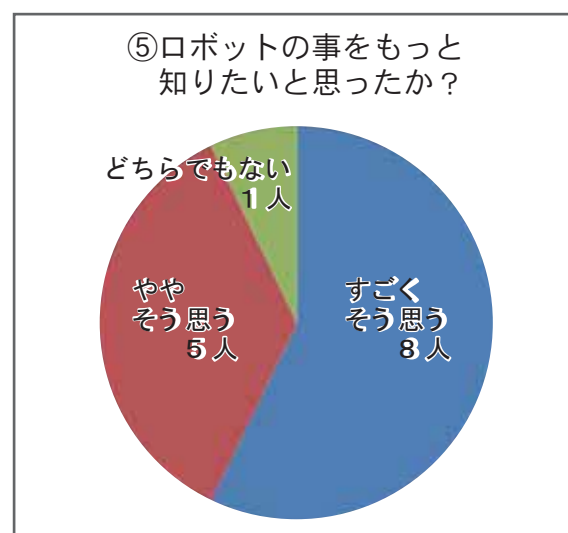


図 13：質問⑤アンケート結果

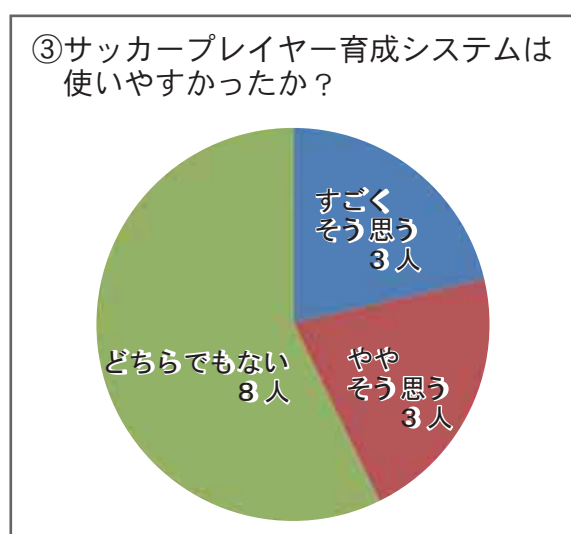


図 11：質問③アンケート結果